



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 198 29 224 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
A 61 B 19/00  
A 61 B 6/08  
A 61 B 5/055

⑯ Aktenzeichen: 198 29 224.4  
⑯ Anmeldetag: 30. 6. 1998  
⑯ Offenlegungstag: 5. 1. 2000

DE 198 29 224 A 1

⑯ Anmelder:  
BrainLAB Med. Computersysteme GmbH, 85551  
Kirchheim, DE

⑯ Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

⑯ Erfinder:  
Vilsmeier, Stefan, 85586 Poing, DE; Birkenbach,  
Rainer, 85622 Feldkirchen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen im Bereich weicher Körperteile

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen im Bereich weicher Körperteile mit den folgenden Schritten.  
- Anbringung einer Anzahl künstlicher, von einem Referenzierungssystem erfaßbarer Landmarken auf dem Körperteil;  
- Referenzierung der relativen Lage des Behandlungsziels gegenüber der Landmarkenanordnung in einer ersten Stellung des weichen Körperteils;  
- Erfassung einer neuen Landmarkenanordnung in einer veränderten zweiten Stellung des weichen Körperteils;  
- Ermittlung der Verschiebung bzw. der neuen Lage des Behandlungsziels mittels der Informationen über die Verschiebung bzw. die neue Anordnung der Landmarken.

DE 198 29 224 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen im Bereich weicher Körperteile.

Um Gewebeveränderungen analysieren bzw. behandeln zu können, ist es naturgemäß von großer Wichtigkeit zu wissen, an welcher Stelle im Körper sich eine solche Läsion befindet. Bei relativ starr strukturierten Körperteilen besteht hierbei schon seit einiger Zeit die Möglichkeit, die Position einer Gewebeveränderung über eine Referenzierung mit künstlichen oder natürlichen Landmarken in jeder Körperlage relativ genau zu bestimmen, so daß Ärzte Eingriffe bzw. Strahlenbehandlungen mit Hilfe von computerunterstützten Positionsdetektionseinrichtungen vornehmen können. Dies ist vor allem deswegen möglich, weil sich die Lage einer Läsion in relativ starrem Gewebe auch bei stärkeren Körperlageveränderungen im Verhältnis zu beispielsweise auf der Haut in der Umgebung angebrachten künstlichen Landmarken kaum verändert.

Größere Probleme mit der genauen Lokalisation von Behandlungszielen entstehen jedoch im Bereich weicher Körperteile, wie beispielsweise der weiblichen Brust, wobei der Brustkrebs die häufigste Art der Krebserkrankung darstellt.

#### [Stand der Technik]

Herkömmlicherweise muß eine Gewebeveränderung in einem weichen Körperteil immer wieder abgetastet werden, um ihre Lage und grobe Form zu ermitteln und beispielsweise mit relativer Genauigkeit eine Biopsie oder eine Strahlenbehandlung durchführen zu können. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, das Körperteil am übrigen Körper beispielsweise mittels Pflasterstreifen zu befestigen. Dies wird jedoch von den Patienten meist als unangenehm empfunden.

Ein weiterer Nachteil der herkömmlichen Methode, die Läsionslage durch Abtastung zu bestimmen, liegt darin, daß durch die inhärente Ungenauigkeit bei Biopsien oftmals nicht beim ersten Mal eine Gewebeentnahme an der richtigen Stelle erfolgen kann, so daß mehrere, möglicherweise schmerzhafte Eingriffe nötig werden.

#### [Aufgabe der Erfindung]

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen im Bereich weicher Körperteile zur Verfügung zu stellen, das die oben genannten Nachteile der herkömmlichen Methoden überwindet. Insbesondere soll ein Lokalisationsverfahren bereitgestellt werden, das eine genaue und auch während einer Behandlung bei Lageänderungen nachverfolgbare Positionserfassung für das Behandlungsziel gestattet.

Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch ein Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen im Bereich weicher Körperteile mit den folgenden Schritten gelöst:

- Anbringung einer Anzahl künstlicher, von einem Referenzierungssystem erfaßbarer Landmarken auf dem Körperteil;
- Referenzierung der relativen Lage des Behandlungsziels gegenüber der Landmarkenanordnung in einer ersten Stellung des weichen Körperteils;
- Erfassung einer neuen Landmarkenanordnung in einer veränderten zweiten Stellung des weichen Körperteils; und
- Ermittlung der Verschiebung bzw. der neuen Lage des Behandlungsziels mittels der Informationen über die Verschiebung bzw. die neue Anordnung der Land-

Es wird also mit anderen Worten die neue Lage und vor teilhafterweise auch die neue Form des Behandlungsziels

aus der Landmarkenanordnung vor und nach der Verformung des weichen Körperteils bestimmt. Vorteilhafterweise entfällt hiermit erfahrungsgemäß eine Neubestimmung der Läsionslage durch Abtastungen, und es müssen keine unangenehmen Befestigungsmaßnahmen getroffen werden. Die damit verbundenen Unannehmlichkeiten für den Patienten sind somit erfahrungsgemäß umgehbar. Es erfolgen keine erneuten Lageverschiebungen durch das Abtasten, so daß Biopsien oder Strahlenbehandlungen mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden können.

15 Die Landmarkenanordnung weist in bevorzugter Ausgestaltung des erfahrungsgemäßen Verfahrens mindestens drei Landmarken auf, um deren relative Raumposition mit ausreichender Genauigkeit ermitteln zu können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfahrungsgemäßen Verfahrens wird zur Referenzierung in der ersten Stellung ein, insbesondere computerunterstütztes, Erfassungssystem, bevorzugt ein CT-, MRI-, PET- oder SPECT-Erfassungssystem, verwendet, das sowohl die künstlichen Landmarken als auch die Struktur des Körperteils erfassen kann.

Bei der Behandlungsvorbereitung wird also beispielsweise mittels einer Computertomographie die relative Lage der Gewebsveränderung gegenüber der Anordnung der Landmarken bestimmt, um später aus der Positionsveränderung der Landmarken zueinander die geänderte Lage des Behandlungsziels bestimmen zu können. Die erhaltenen Daten können zur Wiederverwendung bei der Behandlung abgespeichert werden.

Vorteilhafterweise wird erfahrungsgemäß zur Erfassung 35 der neuen Landmarkenanordnung in der veränderten zweiten Stellung des weichen Körperteils ein computerunterstütztes Positionsdetektionssystem verwendet, das den Behandlungsraum überwacht.

Wenn der Patient also nach der Behandlungsvorbereitung 40 zur eigentlichen Behandlung in den Behandlungsraum kommt, wird ein Positionsdetektionssystem, das beispielsweise die Position der künstlichen Landmarken mit einem Kamerasystem erfaßt und über einen Rechner verarbeitet bzw. an einem Bildschirm ausgibt, die neue Lage der Landmarken zueinander bestimmen. Dem Rechnersystem sind damit die Anordnungen der Landmarken in der ersten und in der zweiten Stellung bekannt. Diese Daten können nun ausgewertet werden.

Hierzu wird bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zur Ermittlung der Verschiebung bzw. der neuen Lage des Behandlungsziels ein durch die Landmarkenanordnung bestimmtes Koordinatensystem verwendet, wobei mittels eines Transformationsmodells, das auf der Basis modellierter Strukturdaten für das Körperteil 55 arbeitet, die neue Koordinatenlage des Behandlungsziels computerunterstützt errechnet wird.

Wenn die Raumlage der einzelnen Landmarken zueinander vor und nach der Lageänderung des weichen Körperteils bekannt ist, läßt sich rechnerisch auch bestimmen, was bei 60 dieser Verschiebung im Inneren des weichen Körperteils vorgegangen ist, d. h. welche Lage oder Formveränderung das innen liegende Behandlungsziel erfahren hat. Hierzu kann beispielsweise ein mechanisch-mathematisches Verformungsmodell verwendet werden, welches das weiche 65 Körperteil beispielsweise als gallertartige Masse simuliert. Bei Kenntnis der äußeren Verformung einer solchen Masse (Verschiebung der Landmarken zueinander) kann dann auch die innere Lageänderung und damit die neue Position sowie

die neue Form der Läsion errechnet werden.

Besonders vorteilhaft gestaltet sich das erfindungs-gemäße Verfahren dann, wenn die jeweils gegenwärtige Position in Echt zeit laufend neu errechnet und auf einem Computerüberwachungsschirm ständig dargestellt wird. Der Arzt kann dann, beispielsweise bei einer Biopsie, mit einem ebenfalls im Behandlungsraum referenzierten Gewebeentnahmegerät Lageänderungen der Läsion verfolgen und die Gewebeprobe an der gewünschten Stelle entnehmen, ohne daß mehrfache Eingriffe notwendig werden.

Mit besonderem Vorteil ist das erfindungsgemäße Verfahren bei der Lokalisation von Läsionen im Bereich der weiblichen Brust, insbesondere bei Brustkrebs, anwendbar.

#### [Beispiele]

15

Die Erfindung wird im weiteren anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 und 2 zeigen ein weiches Körperteil mit einer Läsion in einer ersten (Fig. 1) und einer zweiten (Fig. 2) Stellung.

Das in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnete weiche Körperteil enthält eine Gewebsveränderung oder Läsion 2. Außen am Körperteil 1, also beispielsweise auf der Haut des Patienten, sind künstliche Landmarken 3 aufgebracht, von denen in der Darstellung in Fig. 1 vier Stück zu sehen sind.

Die Fig. 1 stellt beispielsweise den Zustand dar, in dem das weiche Körperteil mittels einer Computertomographie scheibenweise abgetastet wird. Hierbei werden sowohl die Positionen der Landmarken 3 als auch die Position der Läsion 2 erfaßt, und ihre Relativposition zueinander wird errechnet, so daß die Position der Läsion 2, im Koordinatensystem der Landmarken 3 bekannt ist.

Die Fig. 2 stellt nunmehr das weiche Körperteil in einer veränderten Lage dar, also beispielsweise nachdem der Patient den Computertomographen verlassen und sich im Behandlungsraum niedergelassen hat (beispielsweise zur Durchführung einer Biopsie). Aus Fig. 2 wird ersichtlich, daß sich durch die Lageveränderung des weichen Körperteils 1 auch die Position und Form der Läsion 2 geändert hat. Ebenfalls geändert hat sich aber auch die Anordnung der Landmarken 3, und erfindungsgemäß kann nunmehr, nachdem die neue Lage der Landmarken 3 zueinander in der Behandlungsstellung erfaßt worden ist, auch die neue Lage der Läsion 2 errechnet werden, wenn ein ausreichend genaues mechanisch-mathematisches Verformungs- bzw. Transformationsmodell verwendet wird, das den Körperteil 2 beispielweise als gallertartige Masse simuliert.

Der neue Lagezustand kann über einen Rechner und einen Bildschirm in Echtzeit als bildliche Operationshilfe für den Arzt dargestellt werden, der nunmehr mittels eines ebenfalls im Raum referenzierten, hier schematisch dargestellten Gewebeentnahmegerätes 4 mit erfaßbaren Markierungen 5 eine Biopsie zielgenau durchführen kann.

Selbst wenn sich die Lage der Läsion 2 während der Biopsie nochmals verändern sollte, kann der Arzt diese Lageänderung problemlos auf dem Computerbildschirm in Echtzeit erkennen, und es besteht nicht mehr die Gefahr, daß möglicherweise versehentlich gesundes Gewebe entnommen wird.

#### 5 Markierung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Lokalisation von Behandlungszielen (2) im Bereich weicher Körperteile (1) mit den folgenden Schritten:

- Anbringung einer Anzahl künstlicher, von einem Referenzierungssystem erfassbarer Landmarken (3) auf dem Körperteil (1);
- Referenzierung der relativen Lage des Behandlungsziels (2) gegenüber der Landmarkenanordnung in einer ersten Stellung des weichen Körperteils (1);
- Erfassung einer neuen Landmarkenanordnung in einer veränderten zweiten Stellung des weichen Körperteils (1);
- Ermittlung der Verschiebung bzw. der neuen Lage des Behandlungsziels mittels der Informationen über die Verschiebung bzw. die neue Anordnung der Landmarken (3).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Landmarkenanordnung mindestens drei Landmarken (3) aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Referenzierung in der ersten Stellung ein, insbesondere computerunterstütztes, bildgebendes Erfassungssystem, bevorzugt ein CT-, MRI-, PET- oder SPECT-Erfassungssystem verwendet wird, das sowohl die künstlichen Landmarken (3) als auch die Struktur des Körperteils (1) erfassen kann.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der neuen Landmarkenanordnung in der veränderten zweiten Stellung des weichen Körperteils (1) ein computergesteuertes Positionsdetektionssystem verwendet wird, das den Behandlungsraum überwacht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Verschiebung bzw. der neuen Lage des Behandlungsziels (2) ein durch die Landmarkenanordnung bestimmtes Koordinatensystem verwendet wird, wobei mittels eines Transformationsmodells, das auf der Basis modellierter Strukturdaten für das Körperteil arbeitet, die neue Koordinatenlage des Behandlungsziels (2) computerunterstützt errechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Läsionen im Bereich der weiblichen Brust, insbesondere Brustkrebs, lokalisiert werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Bezugszeichenliste

1 Körperteil

65

2 Behandlungsziel

3 Landmarke

4 Gewebeentnahmegerät

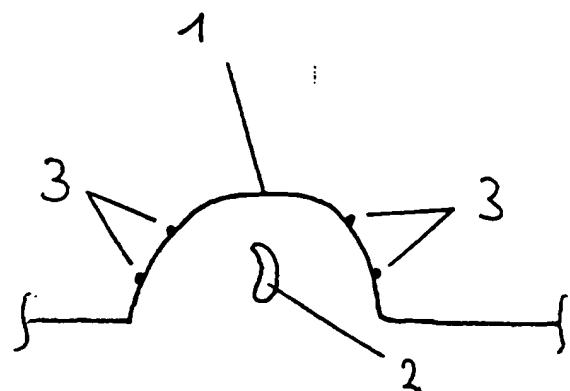


Fig. 1

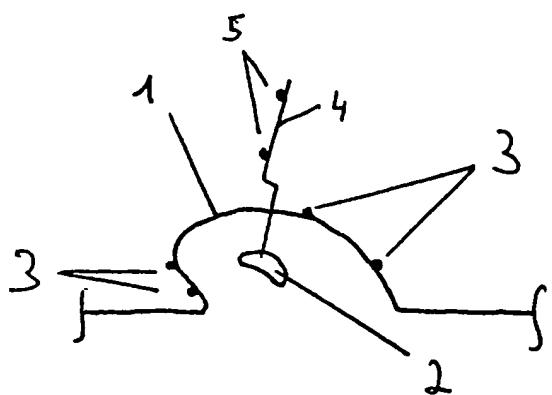


Fig. 2